



每时每刻,我们的身体都会被数以万计的“隐身物质”穿过,我们却完全感知不到它们的存在。这些“隐身物质”就是构成物质世界最基本的粒子之一:中微子。

在广东江门,国家重大科技基础设施江门中微子实验装置正在紧张建设中。目前,位于地下700米的中心探测器有机玻璃球已经完成赤道层安装,预计今年年底完成整个探测器的建设。

什么是中微子?我们为什么要探测它?这个深埋地下700米的探测装置到底长什么样?它将如何捕捉中微子?研究中微子又将为我们解答哪些宇宙的奥秘?

深埋江门地下

1 什么是中微子? 为何要探测中微子?

宇宙中无处不在的中微子到底是什么?我们又为何要专门建一个大装置来探测它?

中国科学院高能物理所研究员、江门中微子实验现场安装经理胡涛介绍,中微子是一种不带电的中性粒子,所谓微,就是质量特别小,它比电子的质量大概还要小亿分之一,像电子、夸克一样都属于组成现在物质界的最基本粒子之一。

中微子是人类目前所知的建造物质世界最小的砖块,比组成我们人体粒子的间隙还要小,很难被探测到,因此它也被称为“幽灵粒子”。

中微子无处不在,恒星内部的核反应,超新星的爆发,核反应堆的运行,以至于岩石中的放射性物质衰变,都产生大量中微子。但是,由于中微子与普通物质的相互作用很弱,甚至可以穿过整个地球而不被任何物质吸收,因此,无所不在的中微子却是基本粒子中人类了解最少的一种,至今仍有诸多未解之谜。

胡涛说,因为中微子很难发生相互作用,而且就算发生也是弱相互作用,换句话说,就是能量交换非常少,所以探测器一定要做得特别大,足够大才有可能得到足够多的样本,才能探测这些难以捕捉的“幽灵粒子”,我们正在建设的是一个巨大的、球形的深埋地下的探测器。

2 深埋地下700米

中微子探测装置长啥样?

江门中微子实验装置的中心探测器位于地下700米。它是一个直径30多米的有机玻璃体,在外侧是不锈钢的支撑框架,光电倍增管等一系列探测设备的安装工作正在紧张进行当中,它就像一个深埋在地下的大“眼睛”,帮助科学家们捕捉中微子的痕迹。

目前这个中微子实验装置的中心探测器有机玻璃球已经完成赤道层安装,那么作为最大圈层的赤道层安装有何难点?

中国科学院高能物理所正高级工程师、江门中微子实验总工程师马晓妍介绍道:“赤道层相对于其他层来说,它的难度就是在于每一块板材的尺寸很大,在调装的过程中会相对难一些。”

据介绍,整个探测器总共由263块有机玻璃板拼接而成,每一块玻璃板的厚度有120毫米,这也是目前世界上最大的单体有机玻璃结构。马晓妍说:“你觉得120毫米很厚了,如果按比例去看的话,其实它比鸡蛋壳还要薄的,(因为)未来我们站的这个地方就是液体闪烁体,两万吨的液体闪烁体在有机玻璃球里面。”

700米 如何探索宇宙的 “幽灵粒子”



■工作人员在探测器的不锈钢结构上进行安装作业。



■工作人员乘坐有轨缆车到达地下的江门中微子实验施工现场。



■工作人员在实验地下大厅内布线。



■探测器内部的安装工作平台。

▶ 数说

中微子比电子的质量大概还要小亿分之一。

中微子探测器直径约35米,相当于12层楼的高度,玻璃球里面将灌入2万吨液体闪烁体。

从江门中微子地下实验室的入口,到达地下700米的深度,需要乘坐缆车,这个缆车也是科研人员每天上下通勤的“班车”,每次可以同时搭载40多人。乘坐缆车,穿过1267米的斜井隧道,大约需要15分钟。

的“水晶球”

3 “水晶球”如何捕捉“幽灵粒子”?

据专家介绍,江门中微子探测器的主体部分,也就是这个直径约35米的有机玻璃球,相当于12层楼的高度,建成后,玻璃球里面将灌入2万吨液体闪烁体,而它外部的水池里,将充满3.5万吨高纯水,相当于300万桶桶装水的量。为何要在球形探测器里面灌入液体闪烁体,这样的设置将如何捕捉“幽灵粒子”中微子呢?

液体闪烁体,作为探测中微子的介质,它的主要成分其实是一种叫烷基苯的液体,是日常生活中使用的洗衣粉、洗衣液的原料,但是江门中微子实验所用的液体闪烁体不仅要很透明,还要求非常干净,具体来说就是2万吨液体里面混入的灰尘不能超过0.008克。

胡涛介绍,当外界的中微子进入到探测器内部,只要有一个中微子与液体闪烁体作用,它就会发出微弱的光,这个光是我们肉眼无法分辨的,不过探测器外围的数万个光电倍增管可以将其捕捉到,将光信号转化成电信号,并将微弱的电信号放大1000万倍。光电倍增管把它由光信号转变成电信号,再通过电子学送到计算机,经过数据分析我们就可以得到中微子的一些性能了。

4 装置为何要建在地下700米?

中微子探测装置为什么要建在地下700米深处呢?探测中微子不能在地面上进行吗?胡涛介绍说:“中微子它本来是很难探测,地面上有大量的来自宇宙的宇宙线,这种宇宙线打到探测器上也会产生假的中微子信号,所以我们把探测器放到地下,这样的话,地下700米的岩石层就能把这些宇宙线给阻挡掉。”

不过,要在地下700米建设如此庞大的一个探测装置并非易事。胡涛说:“由于是在南方,挖掘的时候,有大量的水,现在每小时要往上抽三四百立方的水,而且地下挖掘也非常困难。第二个就是地下700米岩石的温度高达37℃,这种高温高湿的环境对人员的工作压力是很大的。第三个是有机玻璃球,这是目前来说世界上最大的一个单体有机玻璃球,整个制作包含了很多技术难题。”

5 装置将解答哪些科学谜题?

据介绍,建成后的江门中微子实验将运行30年。胡涛说:“江门中微子实验的首要目标就是希望测量中微子的质量顺序,这是对中微子物理,包括天文物理都是非常重要的一个参数,第二是进一步精确测量中微子振荡的一些参数,希望达到国际最先进的水平,希望有新的物理发现。除此之外我们可能还有一些在超新星爆发的机制、太阳核心的物理核反应,甚至地球模型的研究上,都可能有一些贡献。”